

CONTROLLER OF SALIENT POLE PERMANENT MAGNET MOTOR

Publication number: JP8103093

Publication date: 1996-04-16

Inventor: YAMADA EIJI; KAWABATA YASUMI

Applicant: TOYOTA MOTOR CORP

Classification:

- international: H02K29/00; B60L11/18; H02P6/00; H02P6/10; H02P21/00; H02P25/08; H02P27/04; H02K29/00; B60L11/18; H02P6/00; H02P6/08; H02P21/00; H02P25/02; H02P27/04; (IPC1-7): H02P6/10; H02K29/00; H02P21/00

- European: B60L11/18H; H02P6/00C; H02P25/08

Application number: JP19950117440 19950516

Priority number(s): JP19950117440 19950516; JP19940181031 19940802

Also published as:

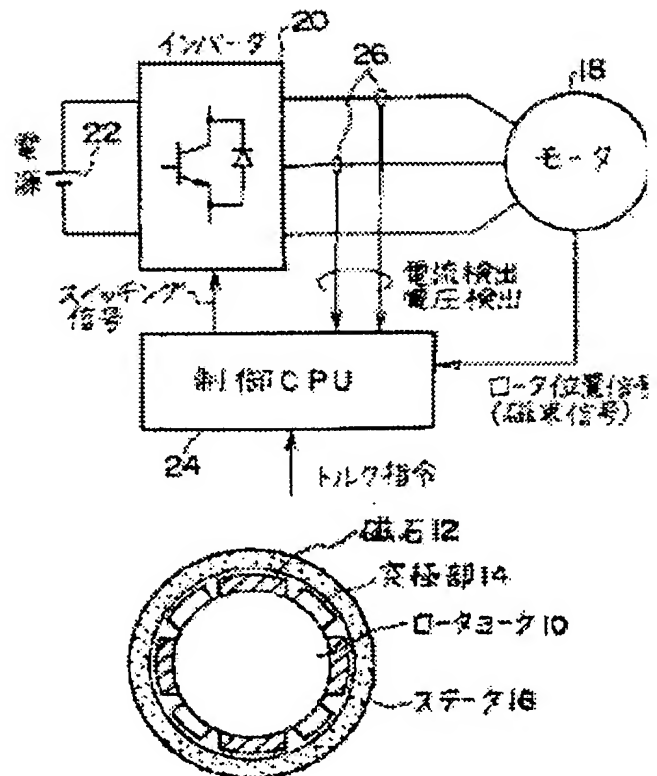
US5650706 (A)

Report a data error he

Abstract of JP8103093

PURPOSE: To obtain such a maximum torque that a salient pole permanent magnet motor can output in the state of the demagnetization of its permanent magnet, by sensing the demagnetization of its permanent magnet for generating its excitation magnetic flux, and by varying the phase of the current fed to it according to the sensed demagnetization.

CONSTITUTION: A control CPU 24 generates a current command which is a control desired value relative to the current vector of a motor 18, based on a torque command given accompanied by an accel operation, a brake operation and the like, and further, it converts the current command into a switching signal, and then, it feeds the switching signal to an inverter 20. In this control CPU 24, the demagnetization of a magnet 12 is sensed, and according to the sensed result, the phase of the current command is altered. When the motor 18 is controlled based on the obtained current command, the output torque of the motor 18 in case of the generation of the demagnetization of the magnet 12 becomes such a maximum torque that it can output in the state of this demagnetization, although this maximum torque is smaller than the value of its torque command.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-103093

(43) 公開日 平成8年(1996)4月16日

(51) Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 P 6/10				
H 0 2 K 29/00	Z			
H 0 2 P 21/00				
			H 0 2 P 6/ 02 3 2 1 G	
			5/ 408 C	
			審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)	

(21) 出願番号 特願平7-117440

(22) 出願日 平成7年(1995)5月16日

(31) 優先権主張番号 特願平6-181031

(32) 優先日 平6(1994)8月2日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 山田 英治

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 川端 康己

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

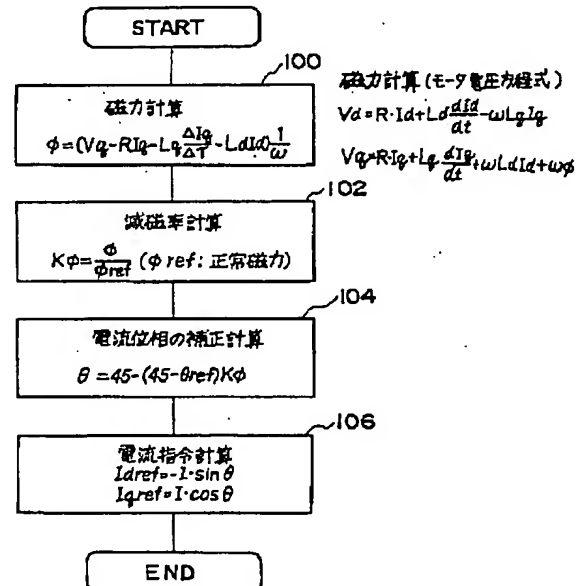
(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54) 【発明の名称】 突極型永久磁石モータの制御装置

(57) 【要約】

【目的】 磁石の減磁に伴うトルク低下を抑える。

【構成】 磁石の磁束を演算又は実測により検出し (100)、減磁率を演算する (102)。減磁率に基づき、位相の制御目標を演算し (104)、モータ電流を演算した位相に制御する (106)。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 突極型永久磁石モータの励磁束を発生させる永久磁石の減磁を検出する手段と、突極型永久磁石モータに供給する電流の位相を、検出される減磁に応じて変化させる手段と、を備えることを特徴とする突極型永久磁石モータの制御装置。

【請求項2】 請求項1記載の制御装置において、制御対象たる突極型永久磁石モータが、励磁手段として、モータの軸回りに所定電気角隔てて配置された所定個数の永久磁石を有する永久磁石モータ部分と、モータの軸回りに所定電気角隔てて配置された所定個数の突極部を有し永久磁石モータ部分と上記軸方向に沿って区分されたリラクタンスモータ部分と、永久磁石モータ部分とリラクタンスモータ部分を磁気的に分離する手段と、を備えることを特徴とする制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

*20 【数1】

$$T = p(\phi + \Delta L I_d) I_g$$

但し、 p : 極対数

ϕ : 磁石の磁束 [wb]

$$\Delta L = L_d - L_g$$

L_d : d 軸インダクタンス [H]

L_g : g 軸インダクタンス [H]

$I_d = I \sin \theta$: d 軸電流(励磁電流) [A]

$I_g = I \cos \theta$: g 軸電流(トルク電流) [A]

I : モータ電流振幅 [A]

θ : モータ電流位相 [deg]

このような構成を有するモータを駆動制御する際には、要求されるトルク(トルク指令)に応じてモータ電流ベクトル(I , θ)を制御する。PMモータの場合、回転数 N 、ひいてはモータ電流の角周波数 ω の増大に伴い逆起電力が発生するため、低回転域では励磁電流 I_d を0(非突極機)又は所定値(突極極)に制御し、高回転域では逆起電力を打ち消すよう負の励磁電流 I_d を流すといった制御が行われる。このような制御によって得られるトルク T は、図6に示されるように、逆起電力が電源電圧を上回り始める回転数以下ではその上限が制限された値になり、この回転数以上ではトルク T と回転数 N によりその上限が制限された値になる。このような特性に従いトルク指令が決定されると、図7に示されるように、このトルク指令はモータ電流の振幅 I 及び位相 θ に変換される。変換により得られた振幅 I 及び位相 θ 、す

*【産業上の利用分野】本発明は、突極性を有する永久磁石モータ(PMモータ)の駆動電流を制御する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】図5には、突極型PMモータの概略構成が示されている。この図に示されるのはモータの端面であり、ロータヨーク10の外周面には、ステータ16と対向するよう、所定間隔にて所定個数の永久磁石12及び突極部14が配置されている。図示しないステータ巻線にトルク電流 I_q が流れると、この電流 I_q と永久磁石12の磁束 ϕ とによってマグネットトルクが発生し、ロータが回転する。また、ステータ巻線にさらに励磁電流 I_d が流れると、磁性体から形成される突極部14が存在するためリラクタンストルクが発生する。従って、この種のモータのトルク T は、一般的には次の式にて表される値になる。右辺括弧中の第1項はマグネットトルクを、第2項はリラクタンストルクを、それぞれ表している。

【0003】

【数1】

なわち電流指令は、モータへの電流供給を制御する電力回路、例えばインバータを構成するスイッチング素子の制御に使用される。

【0004】また、突極性を有するPMモータにおいては、上述のようにマグネットトルクの他にリラクタンストルクも発生する。従って、例えば“逆突極型PMモータの最大トルク制御”、畠中他、平成3年電気学会全国大会、580、6-10に示されるように、マグネットトルクとリラクタンストルクの合計が最大となるようモータ電流の位相 θ を制御することにより、モータのトルクを最大制御することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、永久磁石には、減磁(脱磁、消磁等ともいう)という現象が発生する。すなわち、温度環境等に依存しながら使用につ

れ磁束 ϕ が減少し、マグネットトルクが徐々に発生しなくなり、また、一時的な熱的負荷の急増や永久磁石の破損によっても同様の現象が生じる。すると、マグネットトルクとリラクタンストルクの合計であるモータトルク T も図8のごとく減少していき、要求されるトルク（トルク指令）を実現できなくなる。

【0006】また、モータ電流の位相 θ の制御目標値、すなわちマグネットトルクとリラクタンストルクの合計が最大となる位相 θ は、通常、永久磁石に減磁が発生していないことを前提に設定されている。マグネットトルクとリラクタンストルクの合計が最大となる位相 θ は、減磁が発生すると変化する。従って、減磁が発生している状態では、その減磁状態で出力し得る最大のトルクに比べても、小さなトルクしか得られない。

【0007】本発明は、このような問題点を解決することを課題としてなされたものであり、磁石に減磁が生じた場合であってもその減磁状態で出力し得る最大のトルクに制御することにより、要求されるトルクに満たないまでもその減磁状態で出力し得る最大のトルクを得ることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明の制御装置は、突極型永久磁石モータの励磁束を発生させる永久磁石の減磁を検出する手段と、突極型永久磁石モータに供給する電流の位相を、検出される減磁に応じて変化させる手段と、を備えることを特徴とする。

【0009】また、本発明の制御装置は、制御対象たる突極型永久磁石モータが、励磁手段として、モータの軸回りに所定電気角隔てて配置された所定個数の永久磁石を有する永久磁石モータ部分と、モータの軸回りに所定電気角隔てて配置された所定個数の突極部を有し永久磁石モータ部分と上記軸方向に沿って区分されたリラクタンスマータ部分と、永久磁石モータ部分とリラクタンスマータ部分を磁気的に分離する手段と、を備えることを特徴とする。

【0010】

【作用】本発明においては、まず永久磁石の減磁が検出され、検出された減磁に応じてモータ電流位相が変化する。従って、磁石に減磁が生じた場合であっても、マグネットトルクとリラクタンストルクの合計が最大となる位相を実現し、その減磁状態で出力し得る最大のトルクに制御することが可能になる。

【0011】本発明においては、また、モータ軸方向に沿い、励磁手段（例えば回転子）が永久磁石モータ部分とリラクタンスマータ部分に区分される。永久磁石モータ部分には、モータの軸回りに所定電気角隔てて所定個数の永久磁石が配置され、この永久磁石モータ部分によりマグネットトルクが発生する。また、リラクタンスマータ部分には、モータの軸回りに所定電気角隔てて所定個数の突極部が配置され、このリラクタンスマータ部分によりリラクタンストルクが発生する。また、永久磁石モータ部分とリラクタンスマータ部分はモータの軸方向に沿って区分され、両者は磁気的に分離される。従って、同一制御条件下でマグネットトルクとリラクタンストルクとを共に利用可能になると共に、永久磁石と突極部の磁路及び形状が相互に干渉しないため、両者の形状を最適に構成でき高出力化及びトルク脈動の低減を図ることができる。

【0012】

【実施例】以下、本発明の好適な実施例について図面に基づき説明する。

【0013】図1には、本発明の一実施例に係る制御装置の構成が示されている。この図に示される制御装置は電気自動車の走行用モータ18を制御する装置である。モータ18としては図5に示されるような突極型PMモータを使用している。モータ18の駆動電力は、インバータ20を介し、車載のバッテリー等の電源22から供給されている。電源22から供給される電力は、インバータ20において直流から交流に変換される。

【0014】制御CPU24は、インバータ20における電力変換動作を制御することにより、上位CPU等から供給されるトルク指令をモータ18において実現させる。すなわち、制御CPU24は、アクセル操作、ブレーキ操作等に伴い与えられるトルク指令に基づき、モータ18の電流ベクトルに関する制御目標値たる電流指令を生成し、この電流指令をさらにスイッチング信号に変換してインバータ20に供給する。インバータ20においては、供給されるスイッチング信号に応じて電力変換動作が行われ、モータ18においてトルク指令が実現される。この動作の際、制御CPU24は、モータ18のロータの位置を検出し検出した位置から回転数 N を求め、これを参照する。制御CPU24は、さらに、センサ26によってモータ電流や電圧を検出する。

【0015】本実施例が特徴とするのは、制御CPU24において磁石12の減磁が検出され、検出結果に応じて電流指令の位相に変更が加えられることにある。図2には、減磁による電流指令位相補正動作の流れが示されている。

【0016】突極型PMモータの電圧方程式は、一般に、

【数2】

$$V_d = R \cdot I_d + L_d \frac{dI_d}{dt} - \omega L_g I_g$$

$$V_g = R \cdot I_g + L_g \frac{dI_g}{dt} + \omega L_d I_d + \omega \phi$$

但し、 V_d : d軸電圧 [V]

V_g : g軸電圧 [V]

$$\omega = 2\pi pN/60 \text{ [rad/s]}$$

N : モータ回転数 [rpm]

と表すことができる。この式を変形し磁束 ϕ について解くと、

$$\phi = (V_g - RI_g - L_g \frac{dI_g}{dt} - L_d I_d) / \omega$$

となる。制御CPU24は、この式の右辺を演算することにより磁束 ϕ を求める(100)。この式の右辺に現れる量のうち、 R 、 L_g 、 L_d 、 p は定数であり、 V_g 、 I_g 、 I_d はセンサ26により実測できる。さらに、 ΔT は I_q 等のサンプリング間隔であり設計的に定めることができ、 ΔI_q は ΔT における I_q の変化量であるから演算により求められる。磁束 ϕ は、ホール素子、磁気抵抗素子等のセンサにより検出してもよい。制御CPU24は、このようにして現在の磁束 ϕ を求めた後、減磁する前の磁束 ϕ_{ref} を用いて次の演算

【数4】

$$K\phi = \phi / \phi_{ref}$$

を行うことにより、減磁率 $K\phi$ を求める(102)。

【0017】ここに、磁石12が完全に減磁してしまったとき、トルク T はリラクタンストルクのみとなる。 $I_d = -I \sin \theta$ 、 $I_q = I \cos \theta$ であるから、このときのトルク T は

【数5】

$$T = \frac{P \cdot \Delta L \cdot I^2}{2} \sin 2\theta$$

と表すことができる。この式から明らかなように、リラクタンストルクが最大となるのは $\theta = 45$ [deg]のときである。一方で、マグネットトルクは $\theta = 0$ [deg]、すなわちモータ電流が全てトルク電流 I_q であるときに最大となる。これらのことから、モータ電流の振幅 I を一定としたときのマグネットトルクとリラクタンストルクの合計トルク T と、位相 θ との関係は、図3のように表すことができる。

【0018】図3に現れる直線Aは、トルク T が最大になる位相 θ の変化、特に減磁に伴う変化を示している。従って、先に演算した現在磁束 ϕ に基づきこの直線上の案分演算を行うことにより、現在の磁束 ϕ においてトル

ク T が最大になる位相 θ を知ることができる(104)。案分演算の式は、

【数6】

$$\theta = 45 - (45 - \theta_{ref}) K\phi$$

と表すことができる。このようにして θ が得られた後、制御CPU24は、従前の振幅 I を用い

【数7】

$$I_{dref} = -I \sin \theta$$

$$I_{gref} = I \cos \theta$$

の演算を行うことにより励磁電流指令 I_{dref} 及びトルク電流指令 I_{gref} を求める(106)。このようにして得られた電流指令 I_{dref} 、 I_{gref} に基づき前述のようにモータ10の制御が行われると、減磁が生じている際のモータ10の出力トルク T は、トルク指令には満たないものの、その減磁状態で出力し得る最大のトルクになる。なお、上の式において I_{dref} を求める式の右辺に負号が付されているのは、逆起電力を相殺するために負の励磁電流 I_d を流す必要があるからである。

【0019】なお、本発明は、図4に示されるハイブリッド型モータ(特願平5-195757号参照)にも適用できる。この図に示されるモータは、そのロータ28が軸200方向に沿い永久磁石モータ部分30とリラクタンスマータ部分32とに区分された構成を有している。すなわち、ロータ28は、非磁性体34の円筒上に、磁性体36及び磁石38から構成される永久磁石モータ部分30と、磁性体40から構成されるリラクタンスマータ部分32とを、間隙52により磁氣的に分離しながら形成した構成を有している。磁性体40は、突極部を形成している。これに対応し、コイル48が捲回されているステータ44も、非磁性体50により永久磁石モータ部分30側とリラクタンスマータ部分32側とに

磁気的に分離されている。ロータ28とステータ44は間隙46を介して対向している。なお、磁性体40の突極部に磁気抵抗部材を設けリラクタンストルクを増大させることも可能である。

【0020】このようなモータにおいては、同一制御条件下でマグネットトルクとリラクタンストルクとを共に利用するため、通常のPMモータに比べ大きな出力トルクを得ることができる。また、磁石38と、突極部とが、磁路の上でも形状の面でも相互に干渉しないため、設計の自由度が向上する。これにより、両者の形状を最適に構成でき高出力化及びトルク脈動の低減を図ることができる。

【0021】なお、以上の説明では演算により磁束 ϕ を検出していた。しかし、磁束 ϕ はホール素子、磁気抵抗素子等により直接検出するようにしてもよい。また、上述の各演算は、マップの参照として実行してもよい。例えば、図6に示されるトルク指令電流振幅・位相のマップを、検出した磁束 ϕ に応じて書き換え、最大トルクが得られる内容に補正してもよい。さらに、振幅 I を増大させる余地がある場合には、位相 θ の補正と同時に振幅 I を補正してもよい。

【0022】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、永久磁石の減磁を検出し検出した減磁に応じてモータ電流位相を制御するようにしたため、磁石に減磁が生じた場合であっても、マグネットトルクとリラクタンストルクの合計が最大となる位相を実現し、その減磁状態で出力し得る最大のトルクに制御することができる。これにより、要求されるトルクに満たないまでもその減磁状態

で出力し得る最大のトルクを得ることができる。このようにした場合、減磁しても、電流振幅 I の増大を最小に抑制しつつ、所望の出力トルクを確保できるため、消費電力を低減できる。

【0023】また、本発明によれば、モータ軸方向に沿い励磁手段を永久磁石モータ部分とリラクタンスモータ部分に区分し磁気的に分離するようにしたため、同一制御条件下でマグネットトルクとリラクタンストルクとを共に利用可能になり、例えば通常の永久磁石モータに比べ大きな出力トルクを得ることができる。また、永久磁石と突極部の磁路及び形状が相互に干渉しないため、設計の自由度が向上する結果、両者の形状を最適に構成でき高出力化及びトルク脈動の低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係る制御装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 この実施例における制御CPUの動作の流れを示すフローチャートである。

【図3】 最大トルクと位相の関係を示す図である。

【図4】 本発明を適用可能な他のモータ構造を示す側断面図である。

【図5】 突極型永久磁石モータの構成を示す端面図である。

【図6】 モータのトルク特性を示す図である。

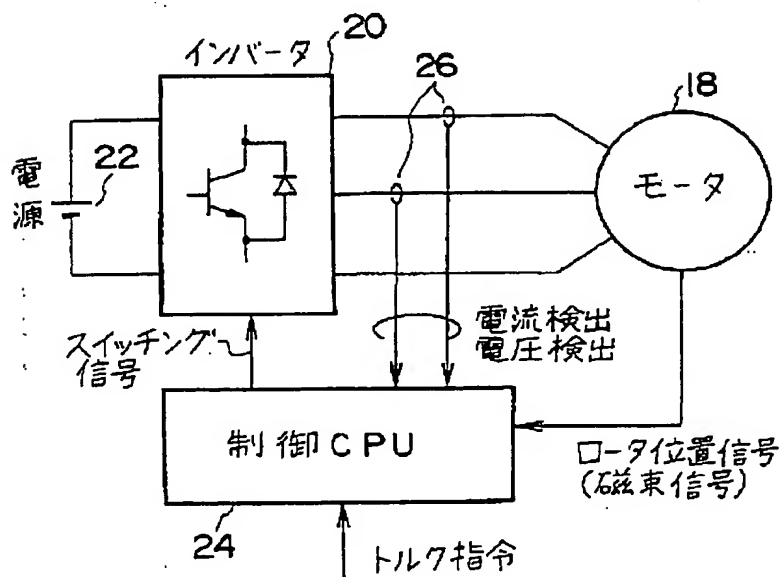
【図7】 電流指令の決定方法を示す図である。

【図8】 従来の問題点を示す図である。

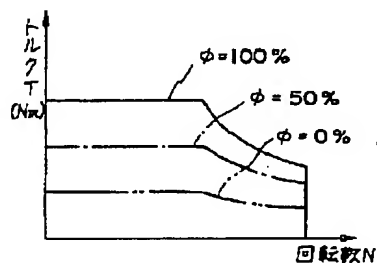
【符号の説明】

12 磁石、14 突極部、18 モータ、24 制御CPU、 ϕ 磁束、 θ 位相。

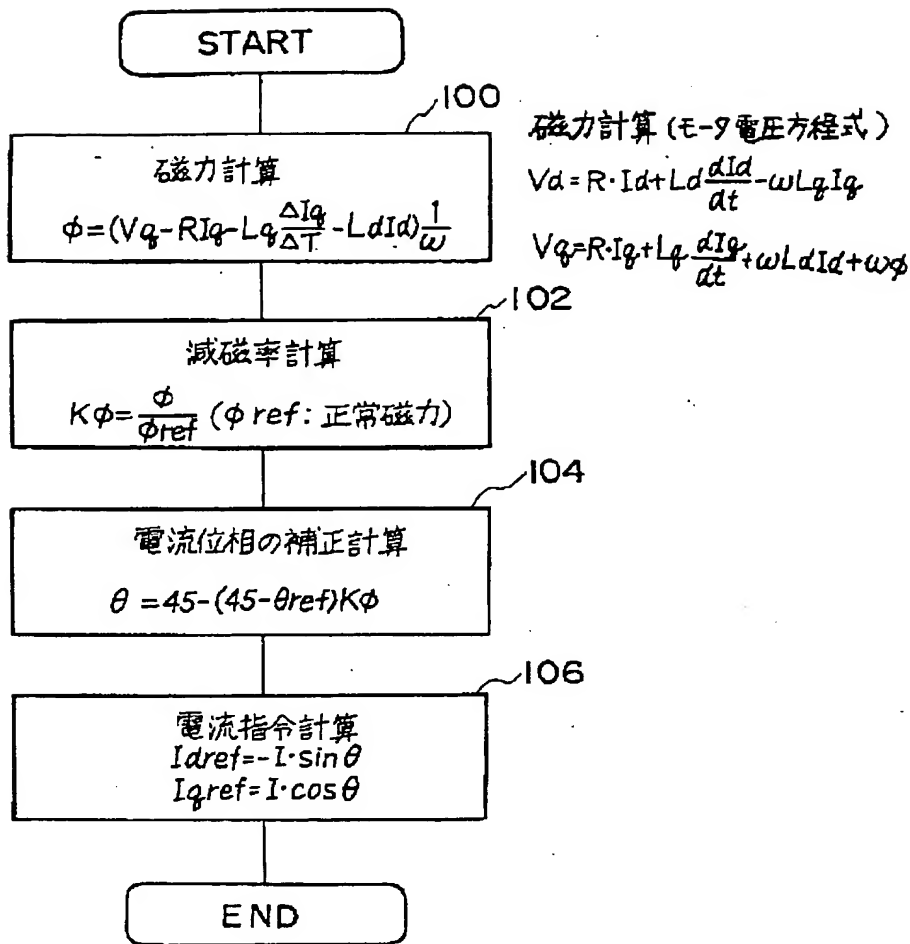
【図1】



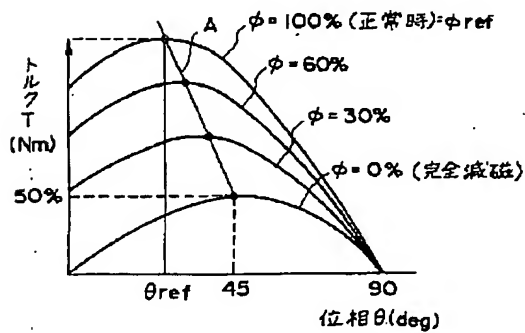
【図8】



【図2】

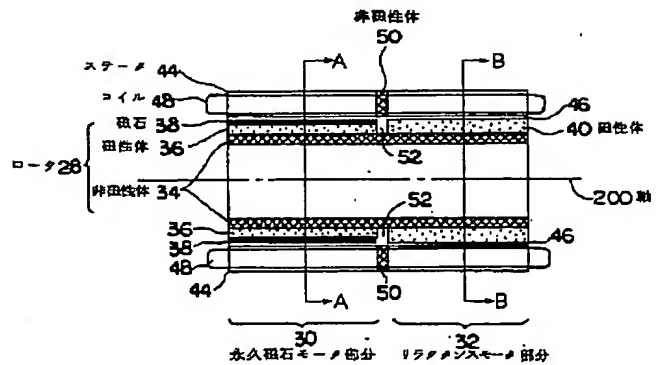


【図3】

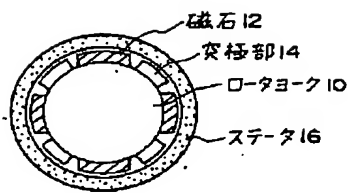


【図4】

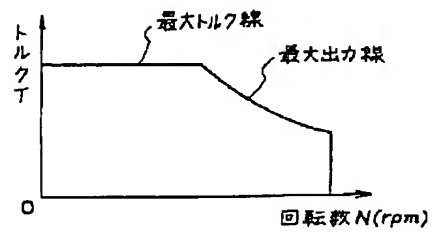
第2実施例の軸方向断面



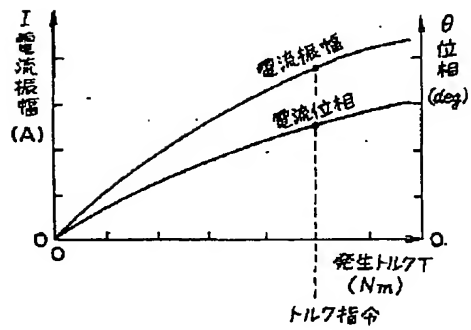
【図5】



【図6】



【図7】





US005650706A

United States Patent [19]

Yamada et al.

[11] **Patent Number:** **5,650,706**[45] **Date of Patent:** **Jul. 22, 1997**[54] **CONTROL DEVICE FOR SALIENT POLE TYPE PERMANENT MAGNET MOTOR**[75] **Inventors:** Eiji Yamada, Owariasahi; Yasutomo Kawabata, Aichi-ken, both of Japan[73] **Assignee:** Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Aichi-ken, Japan[21] **Appl. No.:** 447,699[22] **Filed:** May 23, 1995[30] **Foreign Application Priority Data**

Aug. 2, 1994	[JP]	Japan	6-181031
May 16, 1995	[JP]	Japan	7-117440

[51] **Int. Cl.⁶** H02P 6/00; H02P 7/63; B60L 15/20[52] **U.S. Cl.** 318/701; 318/138; 318/254; 318/723; 318/811[58] **Field of Search** 318/138, 139, 318/254, 245, 439, 799-832[56] **References Cited****U.S. PATENT DOCUMENTS**

4,039,853	8/1977	Koizumi et al.	308/101
4,427,934	1/1984	Tupper	318/723
4,794,310	12/1988	Lukas et al.	318/342
4,811,609	3/1989	Nishibe et al.	73/862.36
4,916,368	4/1990	Onoda et al.	318/723

5,253,127	10/1993	Ozaki et al.	360/57
5,280,222	1/1994	Von Der Heide et al.	318/138
5,291,115	3/1994	Ehsani	318/701
5,410,235	4/1995	Ehsani	318/701
5,506,487	4/1996	Young et al.	318/811

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

60-197181	10/1985	Japan
7-59310	3/1995	Japan

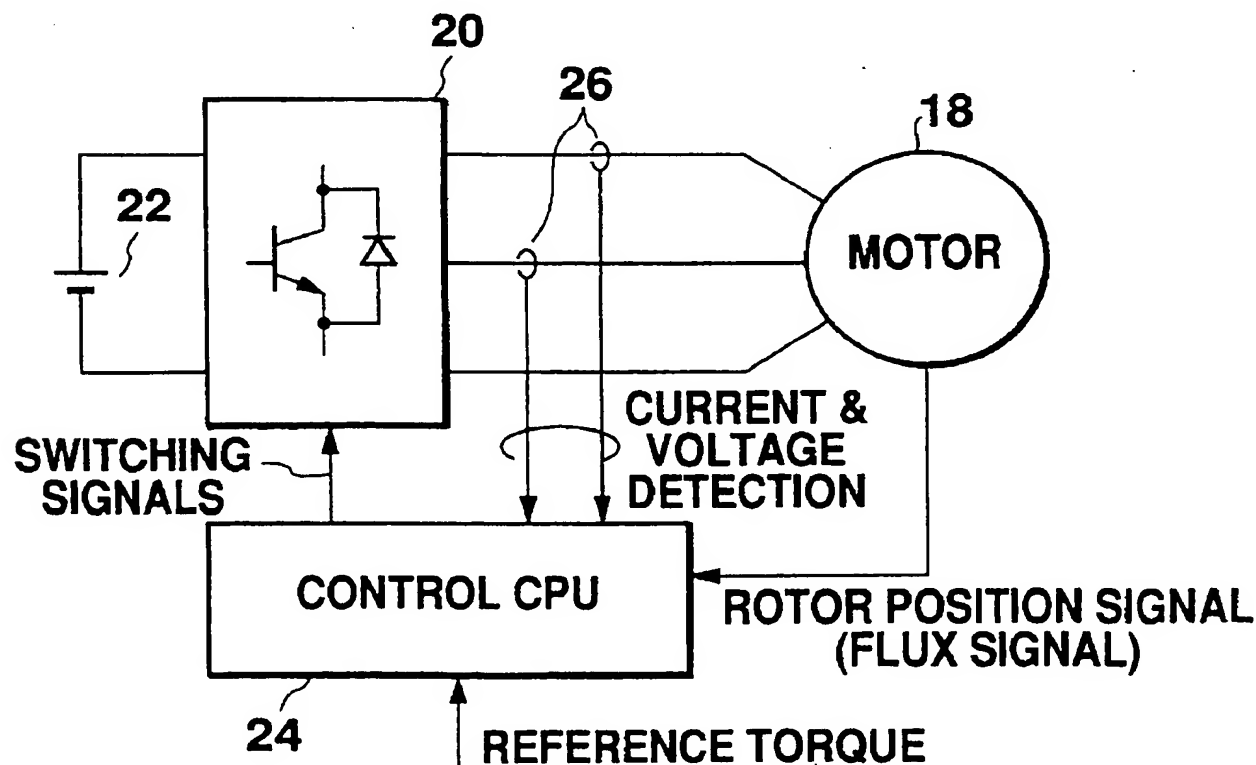
OTHER PUBLICATIONS

"Maximum Torque Control of Inverse-Salient Pole Type PM Motor", 1991 National Convention Record I.E.E., K. Hatanaka et al., 1991, No. 580, pp. 6-10.

Primary Examiner—Paul Ip
Attorney, Agent, or Firm—Oliff & Berridge

[57] **ABSTRACT**

A control device for a salient pole type permanent magnet motor. A magnetic flux of a magnet is detected by an arithmetic operation or actual measurement, and a demagnetization rate is calculated in accordance with the thus detected magnetic flux. A target of controlling the phase is calculated with reference to a demagnetization rate obtained by the calculation. The phase of a motor current is controlled depending on the target of control obtained by the calculation. Thus, a torque is prevented from lowering due to demagnetization of the magnet.

7 Claims, 6 Drawing Sheets

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]A control device of a salient pole type permanent magnet motor characterized by comprising the following.

A means to detect demagnetization of a permanent magnet which generates a magnetization bunch of a salient pole type permanent magnet motor.

A means to change a phase of current supplied to a salient pole type permanent magnet motor according to demagnetization detected.

[Claim 2]The control device comprising according to claim 1:

A permanent magnet motor portion into which a controlled object slack salient pole type permanent magnet motor has a permanent magnet of a prescribed number by which predetermined electrical angle partition ***** was carried out at a circumference of an axis of a motor as a magnetizing means.

A means to have a salient pole part of a prescribed number by which predetermined electrical angle partition ***** was carried out at a circumference of an axis of a motor, and to separate magnetically a permanent magnet motor portion, a reluctance motor portion classified along the above-mentioned shaft orientations, and a permanent magnet motor portion and a reluctance motor portion.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application]This invention relates to the device which controls the driving current of the permanent magnet motor (PM motor) which has a saliency.

[0002]

[Description of the Prior Art]The outline composition of the salient pole type PM motor is shown in drawing 5. The end face of a motor is shown in this figure, and the permanent magnet 12 and the salient pole part 14 of the prescribed number are arranged with the prescribed interval in the peripheral face of the rotor yoke 10 so that it may counter with the stator 16. If the torque current I_q flows into stator winding which is not illustrated, by this current I_q and the magnetic flux ϕ of the permanent magnet 12, magnet torque will occur and a rotor will rotate. If the exciting current I_d flows into stator winding further, since the salient pole part 14 formed from a magnetic body exists, reluctance torque will occur. Therefore, the torque T of this kind of motor generally becomes a value expressed with the following formula. The 1st paragraph in a right-hand side parenthesis expresses magnet torque, and the 2nd paragraph expresses reluctance torque, respectively.

[0003]

[Equation 1]

$$T = p(\phi + \Delta L I_d) I_g$$

但し、 p : 極対数

ϕ : 磁石の磁束 [wb]

$$\Delta L = L_d - L_g$$

L_d : d 軸インダクタンス [H]

L_g : g 軸インダクタンス [H]

$I_d = I \sin \theta$: d 軸電流(励磁電流) [A]

$I_g = I \cos \theta$: g 軸電流(トルク電流) [A]

I : モータ電流振幅 [A]

θ : モータ電流位相 [deg]

When carrying out drive controlling of the motor which has such composition, a motor current vector (I , θ) is controlled according to the torque (torque command) demanded. Since back electromotive force occurs with increase of the number of rotations N and by extension, angular-frequency ω of motor current in the case of a PM motor, the exciting current I_d is controlled by a low rotation region to 0 (non-salient pole machine) or a predetermined value (salient pole pole), and control of sending the negative exciting current I_d so that back electromotive force may be negated is performed in a high rotation area. The torque T acquired by such control becomes the value to which that maximum was restricted below at the number of rotations in which back electromotive force begins to exceed power supply voltage as shown in drawing 6, and it becomes the value to which that maximum was restricted at the torque T and the number of rotations N above this number of rotations. If it opts for a torque command according to such the characteristic, as shown in drawing 7, this torque command will be changed into the amplitude I and the phase θ of motor current. The amplitude I and the phase θ , i.e., a current command, which were obtained by conversion are used for control of the power circuit which controls the current supply source to a motor, for example, the switching element which constitutes an inverter.

[0004] In the PM motor which has a saliency, reluctance torque is also generated besides magnet torque as mentioned above. Therefore, as shown in the Institute of Electrical Engineers of Japan national conference, 580, and 6-10 in Heisei 3 besides "the maximum torque control of a reverse salient pole type PM motor", and Hatanaka, for example, The maximum control of the torque of a motor can be carried out by controlling the phase θ of motor current so that the sum total of magnet torque and reluctance torque serves as the maximum.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in a permanent magnet, the phenomenon

of demagnetization (it is called demagnetization, demagnetization, etc.) occurs. That is, the magnetic flux ϕ decreases along with use, being dependent on temperature environment etc., magnet torque stops occurring gradually, and the same phenomenon arises also by rapid increase of temporary thermal load, or breakage of a permanent magnet. The motor torque T which is the sum total of magnet torque and reluctance torque decreases, and it becomes impossible then, to realize torque (torque command) demanded like drawing 8.

[0006]The phase θ from which the sum total of the control-objectives value of the phase θ of motor current, i.e., magnet torque, and reluctance torque serves as the maximum is usually set [that demagnetization has not occurred in a permanent magnet, and] to the premise. Generating of demagnetization will change the phase θ from which the sum total of magnet torque and reluctance torque serves as the maximum. Therefore, in the state where demagnetization has occurred, even if compared with the greatest torque that may be outputted in the state of demagnetization, only small torque is acquired.

[0007]That this invention solves such a problem by being made as a technical problem, and controlling to the greatest torque that may be outputted in the state of demagnetization, even if it is a case where demagnetization arises to a magnet, It aims at acquiring the greatest torque that may be outputted in the state of demagnetization, although it is less than the torque demanded.

[0008]

[Means for Solving the Problem]In order to attain such a purpose, a control device of this invention is provided with a means to detect demagnetization of a permanent magnet which generates a magnetization bunch of a salient pole type permanent magnet motor, and a means to change a phase of current supplied to a salient pole type permanent magnet motor according to demagnetization detected.

[0009]A control device of this invention is provided with the following.

A permanent magnet motor portion into which a controlled object slack salient pole type permanent magnet motor has a permanent magnet of a prescribed number by which predetermined electrical angle partition ***** was carried out at a circumference of an axis of a motor as a magnetizing means.

A reluctance motor portion which has a salient pole part of a prescribed number by which predetermined electrical angle partition ***** was carried out, and was classified along a permanent magnet motor portion and the above-mentioned shaft orientations at a circumference of an axis of a motor.

A means to separate magnetically a permanent magnet motor portion and a reluctance motor portion.

[0010]

[Function]In this invention, the demagnetization of a permanent magnet is detected first and a motor current phase changes according to the detected demagnetization. Therefore, even if it is a case where demagnetization arises to a magnet, it becomes possible to control to the greatest torque that the sum total of magnet torque and reluctance torque realizes the phase used as the maximum, and may output in the state of the demagnetization.

[0011]In this invention, a magnetizing means (for example, rotator) is classified into a permanent magnet motor portion and a reluctance motor portion in accordance with the direction of a motor shaft. Into a permanent magnet motor portion, the permanent magnet of predetermined electrical angle partition ***** is arranged at the circumference of the axis of a motor, and magnet torque occurs by this permanent magnet motor portion. Into a reluctance motor portion, the salient pole part of predetermined electrical angle partition ***** is arranged at the circumference of the axis of a motor, and reluctance torque occurs by this reluctance motor portion. A permanent magnet motor portion and a reluctance motor portion are classified along the shaft orientations of a motor, and both are separated magnetically. Therefore, since it both becomes available about magnet torque and reluctance torque under the same control condition and the magnetic paths and shape of a permanent magnet and a salient pole part do not interfere mutually, both shape can be constituted the optimal and high increase in power and reduction of a torque pulse can be aimed at.

[0012]

[Example]Hereafter, the suitable example of this invention is described based on a drawing.

[0013]The composition of the control device concerning one example of this invention is shown in drawing 1. The control device shown in this figure is a device which controls the drive motor 18 of an electromobile. As the motor 18, the salient pole type PM motor as shown in drawing 5 is used. The driving power of the motor 18 is supplied from the power supply 22 of a mounted battery etc. via the inverter 20. The electric power supplied from the power supply 22 is changed into exchange from a direct current in the inverter 20.

[0014]Control CPU24 realizes the torque command supplied from a host CPU etc. in the motor 18 by controlling the power conversion operation in the inverter 20. Namely, based on the torque command given in connection with accelerator operation, brakes operation, etc., control CPU24 generates the control-objectives value slack current command about the current phasor of the motor 18, changes this current command into a switching signal further, and supplies it to the inverter 20. In the inverter 20, power conversion operation is performed according to the switching signal supplied, and a torque command is realized in the motor 18. In the case of this operation, control CPU24 asks for the number of rotations N from the position which detected and detected the position of the rotor of the motor 18, and refer to this for it. Control CPU24 detects motor current and voltage by the sensor 26 further.

[0015]The demagnetization of the magnet 12 is detected in control CPU24, and there is that

this example considers it as the feature in change being added to the phase of a current command according to a detection result. The flow of the current command phase correction operation by demagnetization is shown in drawing 2.

[0016] Generally the voltage equation of a salient pole type PM motor is, [Equation 2]

$$V_d = R \cdot I_d + L_d \frac{dI_d}{dt} - \omega L_q I_q$$

$$V_q = R \cdot I_q + L_q \frac{dI_q}{dt} + \omega L_d I_d + \omega \phi$$

但し、 V_d : d軸電圧 [V]

V_q : q軸電圧 [V]

$\omega = 2\pi p N / 60$ [rad/s]

N : モータ回転数 [rpm]

It can express. If this formula is transformed and it solves about the magnetic flux ϕ , [Equation 3]

$$\phi = (V_q - R I_q - L_q \frac{dI_q}{dt} - L_d I_d) / \omega$$

It becomes. Control CPU24 searches for the magnetic flux ϕ by calculating the right-hand side of this formula (100). R , L_q , L_d , and p are constants among the quantity which appears in the right-hand side of this formula, and V_q , I_q , and I_d can be surveyed by the sensor 26. ΔT is sampling periods, such as I_q , and can be defined in design, and since I_q in ΔT of ΔI_q is strange or it is quantity, it is calculated by an operation. Sensors, such as a Hall device and a magnetic resistance element, may detect the magnetic flux ϕ . Magnetic flux ϕ_{ref} after doing in this way and searching for the present magnetic flux ϕ , before demagnetizing is used for control CPU24, and it is the next operation. [Equation 4]

$$K\phi = \phi / \phi_{ref}$$

***** -- it asks for demagnetizing-factor $K\phi$ by things (102).

[0017] When the magnet 12 has demagnetized thoroughly here, the torque T turns into only reluctance torque. I_d Since it is $= -I \sin \theta$ and $I_q = I \cos \theta$, it is the torque T at this time.

[Equation 5]

$$T = \frac{p \cdot \Delta L \cdot I^2}{2} \sin 2\theta$$

It can express. It is that reluctance torque serves as the maximum at the time of $\theta = 45$ [deg] so that clearly from this formula. On the other hand, magnet torque serves as the

maximum, when the whole [deg] of $\theta = 0$, i.e., motor current, is the torque current I_q . From these things, total torque T of magnet torque when amplitude I of motor current is set constant, and reluctance torque, and the relation with the phase θ can be expressed like drawing 3. [0018]The straight line A which appears in drawing 3 shows change of the phase θ from which the torque T becomes the maximum, especially the change accompanying demagnetization. Therefore, the phase θ from which the torque T becomes the maximum in the present magnetic flux ϕ can be known by performing the proportional division operation on this straight line based on the present magnetic flux ϕ calculated previously (104). The formula of a proportional division operation, [Equation 6]

$$\theta = 45 - (45 - \theta_{ref}) K \phi$$

It can express. Thus, after θ is obtained, the old amplitude I is used for control CPU24.

[Equation 7]

$$I_{dref} = -I \sin \theta$$

$$I_{qref} = I \cos \theta$$

The exciting current command I_{dref} and torque current command I_{qref} are calculated by performing ***** (106). Thus, if control of the motor 10 is performed as mentioned above based on the obtained current commands I_{dref} and I_{qref} , although a torque command is not filled with output torque T of the motor 10 at the time of demagnetization having arisen, it will become the greatest torque that may be outputted in the state of demagnetization. It is because it needs to send the negative exciting current I_d that the negative sign is given to the right-hand side of the formula which calculates I_{dref} in the upper formula in order to offset back electromotive force.

[0019]This invention is applicable also to the hybrid type motor (refer to Japanese Patent Application No. No. 195757 [five to]) shown in drawing 4. The motor shown in this figure has the composition in which that rotor 28 was classified into the permanent magnet motor portion 30 and the reluctance motor portion 32 in accordance with axis 200 direction. That is, the rotor 28 has the composition which formed the permanent magnet motor portion 30 which comprises the magnetic body 36 and the magnet 38, and the reluctance motor portion 32 which comprises the magnetic body 40 on the cylinder of the nonmagnetic material 34 while the gap 52 separated magnetically. The magnetic body 40 forms the salient pole part. It corresponds to this and the stator 44 around which the coil 48 is wound is also magnetically separated into the permanent magnet motor portion 30 and reluctance motor portion 32 side by the nonmagnetic material 50. The rotor 28 and the stator 44 have countered via the gap 46. It is also possible to provide a magnetic resistance member in the salient pole part of the

magnetic body 40, and to increase reluctance torque.

[0020]Since magnet torque and reluctance torque can be used under the same control condition, big output torque can be obtained [in / both / such a motor] compared with the usual PM motor. Since the magnet 38 and a salient pole part do not interfere mutually in respect of a magnetic-path top or shape, the flexibility of a design improves. Thereby, both shape can be constituted the optimal and high increase in power and reduction of a torque pulse can be aimed at.

[0021]In the above explanation, the operation had detected the magnetic flux ϕ . However, it may be made to carry out direct detection of the magnetic flux ϕ by Hall device, a magnetic resistance element, etc. Each above-mentioned operation may be performed as reference of a map. For example, the map of the torque command current amplitude and the phase shown in drawing 6 may be rewritten according to the detected magnetic flux ϕ , and it may amend by the contents from which maximum torque is obtained. When there is room to increase the amplitude I , the amplitude I may be amended simultaneously with amendment of the phase θ . [0022]

[Effect of the Invention]Having controlled the motor current phase according to the demagnetization which detected and detected the demagnetization of the permanent magnet according to this invention, as explained above A sake, Even if it is a case where demagnetization arises to a magnet, the sum total of magnet torque and reluctance torque can realize the phase used as the maximum, and can control to the greatest torque that may be outputted in the state of demagnetization. Although this is less than the torque demanded, the greatest torque that may be outputted in the state of demagnetization can be acquired. Since desired output torque can be secured controlling increase of the current amplitude I to the minimum even if it demagnetizes when it does in this way, power consumption can be reduced.

[0023]Classifying a magnetizing means into a permanent magnet motor portion and a reluctance motor portion in accordance with the direction of a motor shaft, and having made it dissociate magnetically according to this invention A sake, It both becomes available about magnet torque and reluctance torque under the same control condition, for example, big output torque can be obtained compared with the usual permanent magnet motor. Since the magnetic paths and shape of a permanent magnet and a salient pole part do not interfere mutually, as a result of the flexibility of a design improving, both shape can be constituted the optimal and high increase in power and reduction of a torque pulse can be aimed at.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a block diagram showing the composition of the control device concerning one example of this invention.

[Drawing 2]It is a flow chart which shows the flow of operation of control CPU in this example.

[Drawing 3]It is a figure showing the relation between maximum torque and a phase.

[Drawing 4]It is a sectional side elevation showing other motor structures which can apply this invention.

[Drawing 5]It is an end elevation showing the composition of a salient pole type permanent magnet motor.

[Drawing 6]It is a figure showing the torque characteristic of a motor.

[Drawing 7]It is a figure showing the deciding method of a current command.

[Drawing 8]It is a figure showing the conventional problem.

[Description of Notations]

12 A magnet and 14 [Magnetic flux, theta phase.] A salient pole part and 18 A motor and 24 Control CPU and phi

[Translation done.]

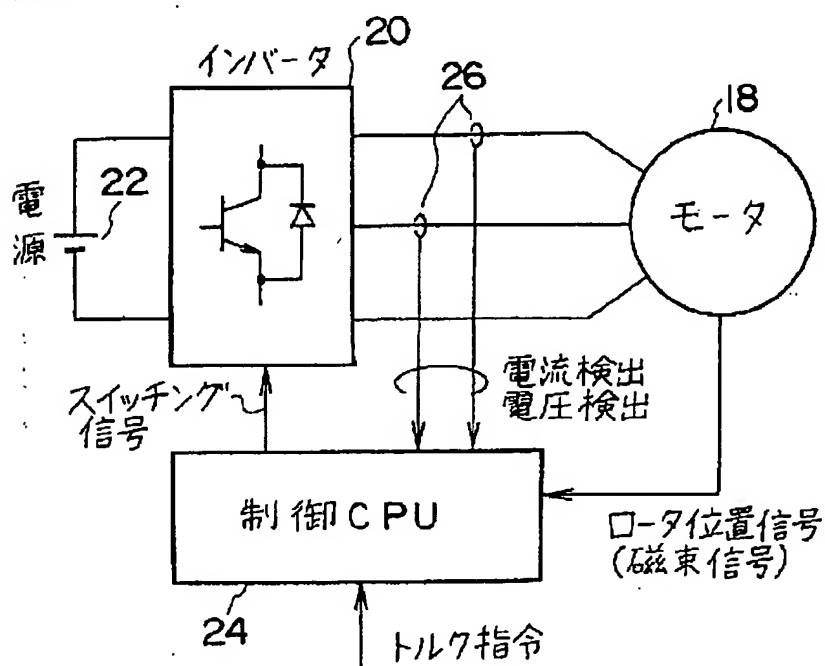
* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

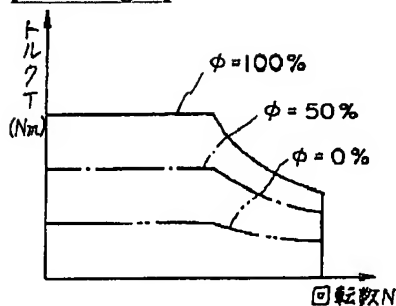
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

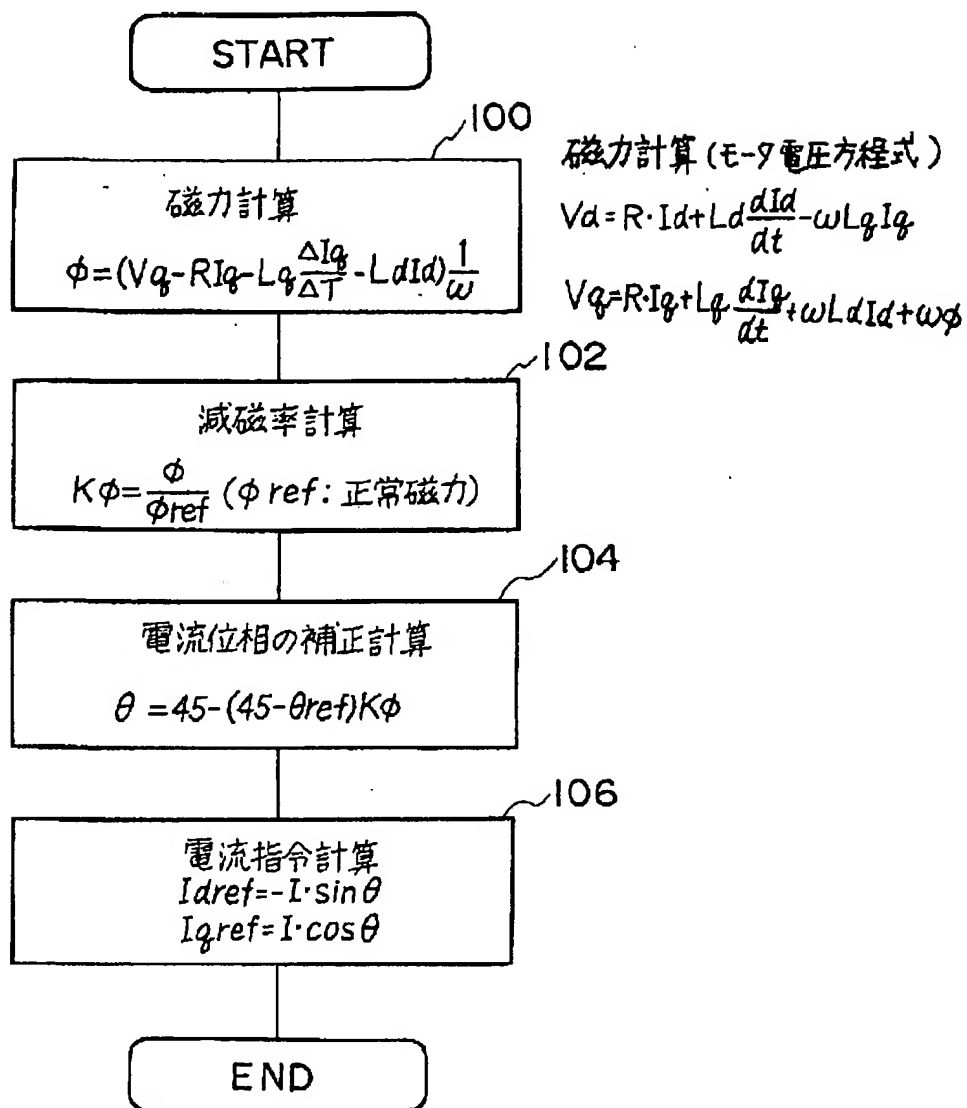
[Drawing 1]



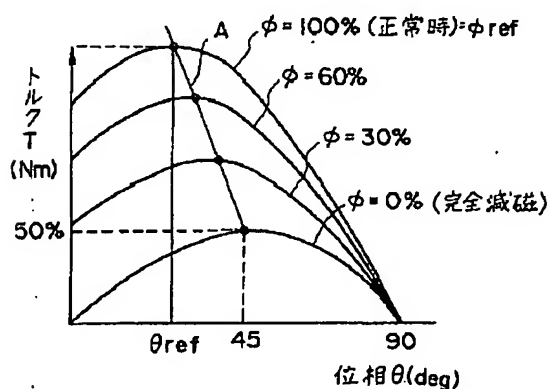
[Drawing 8]



[Drawing 2]

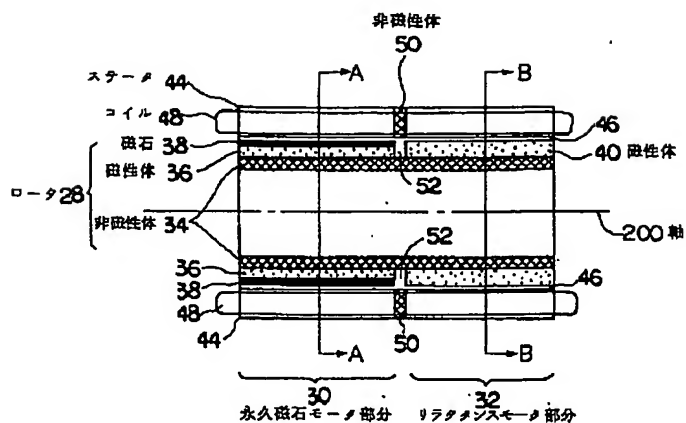


[Drawing 3]

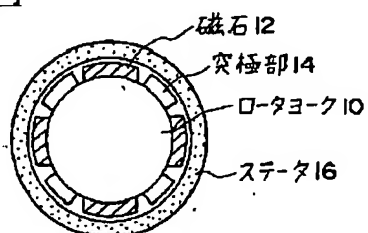


[Drawing 4]

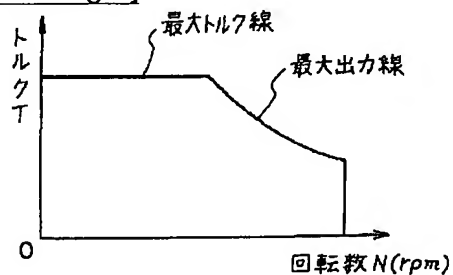
第2実施例の軸方向断面



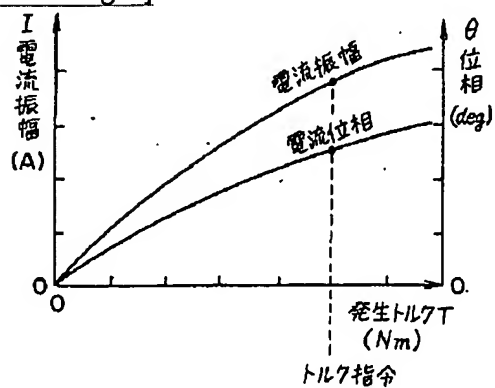
[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Translation done.]